

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Л.О. Уривський

«___» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки 6.050903 Телекомунікації
(172 Телекомунікації та радіотехніка)**

на тему:

«Організація транспортних мереж на базі обладнання Huawei»

Виконав:

студент IV курсу, групи ТС-51

Черніков Іван Сергійович

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Созонник Г. Д.

Рецензент:

Доцент, к.т.н.

Вафоломєєва О.Г.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки– 6.050903 «Телекомунікації» (172 Телекомунікації та радіотехніка)

Програма професійного спрямування – «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Л.О. Уривський

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Черніков Іван Сергійович

1. Тема роботи «Організація транспортних мереж на базі обладнання Huawei», керівник роботи Созонник Галина Дмитрівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

а) стандарти ITU-T G.983.1- G.983.10, G.984.1, G.984.2, G.985 ;

б) дані для розрахунку трафіку сервісів мережі;

в) дані для розрахунку транспортної мережі, технічні характеристики.

4. Зміст роботи

1) Аналіз ринку широкосмугового доступу та вибір сервісів мережі;

2) Визначення топології мережі;

- 3) Розміщення вузлів мережі;
- 4) Вибір та характеристика обладнання;
- 5) Побудова ліній зв'язку.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

Плакати:

- а) Плакат №1;
- б) Плакат №2;
- в) Плакат №3;
- г) Плакат №4;
- д) Плакат №5;

6. Дата видачі завдання _____

Студент

Черніков І.С.

Керівник роботи

Созонник Г.Д.

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 69с., 31 рис., 11 табл., 20 джерел, 5 плакатів.

Мета роботи — висвітлення основних теоретичних та практичних положень як бази для розв’язання конкретних прикладних задач та розробки реальних проектів побудови транспортної мережі.

В даній роботі розглядаються основні етапи проектування транспортної мережі, принципи та застосування в житті різновидів топологій та обґрунтування обраної для проектування мережі, принципи роботи технології MPLS, основні принципи роботи та конфігурування обраного обладнання з підтримкою технології MPLS. Також розглядається варіант розміщення вузлів мережі та побудова ліній зв’язку на основі визначеного обладнання.

ABSTRACT

The goal of the work is to highlight the main theoretical and practical provisions as a basis for solving specific applications and developing real transport construction projects.

In this paper, the following elements are examined: main stages of the design of a transport network, principles and application of varieties of topologies in real life and justification of the one that was chosen for network design, principles of work of MPLS technology, basic principles of operation and configuration of the selected equipment with the support of MPLS technology. Also the option of network nodes placing and the construction of communication lines based on the specified equipment are examined.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	10
1 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	13
1.1 Аналіз ринку сучасних сервісів доступу до інформаційних ресурсів	13
1.2 Вибір регіону організації мережі	15
1.3 Характеристика регіону та вибір місць розміщення вузлів	17
1.4 Визначення топології проектованої мережі	20
1.4.1 Види топологій	21
1.4.1.1 Топологія шини	21
1.4.1.2 Лінійна (ланцюгова) топологія	22
1.4.1.3 Зіркова топологія	23
1.4.1.4 Кільцева топологія	24
1.4.1.5 Топологія подвійного кільця	25
1.4.1.6 Топологія дерева	25
1.4.1.7 Повнозв'язна топологія	27
1.4.2 Обрана топологія	27
1.5 Обґрунтування вибору технології транспортної мережі	28
1.5.1 Аналіз технологій транспортних мереж	29
1.5.2 Характеристика та застосування технології IP / MPLS	30
1.5.3 Трафік інжиніринг системи MPLS	31
1.6 Висновки з розділу 1	35
2 РОЗРАХУНОК ТРАФІКУ МЕРЕЖІ	37
2.1 Розрахунок трафіку на вузлах мережі	39

					НТУУ 1068-с.09.ТС-51.2019.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Організація транспортних мереж на базі обладнання Huawei	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Черніков І.С.						
Перевір.		Созонник Г.Д.					6	69
Реценз.		Вафоломєєва				ITC		
Н. Контр.		Новіков В.І.						
Затверд.		Уривський Л.О.						

2.2 Розрахунок навантаження на лініях зв'язку	43
2.3 Висновки з розділу 2	43
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ	45
3.1 Порівняльний аналіз виробників телекомунікаційного обладнання	45
3.1.1 Alcatel-Lucent 7450 ESS-6, ESS-7	47
3.1.2 Huawei CX-600 X3, CX-600 X8	49
3.2 Характеристика обраного обладнання	51
3.2.1 Обладнання і плати.....	52
3.2.2 Huawei CX600-X3	54
3.2.3 Huawei CX600-X8	55
3.3 Розрахунок ємності кілець	57
3.4 Висновки з розділу 3	58
4. ОРГАНІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ	59
4.1 Основне кільце	60
4.2 Центральне кільце	62
4.3 Третє кільце	64
4.4 Висновки з розділу 4	66
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CoS	Class of Service – спосіб керування декількома профілями трафіку по мережі
FDDI	Fiber Distributed Data Interface – специфікація, що описує високошвидкісні мережі з методом доступу із передачею маркера на основі оптоволокна.
IGMP	Internet Group Management Protocol – протокол зв'язку, який використовуються хостами та сусідніми маршрутизаторами в мережах IPv4 для встановлення членства в групі багатоадресної передачі.
IP / IPv4	Internet Protocol version 4 – міжмережевий протокол четвертої версії
IPTV	Internet Protocol television – технологія цифрового телебачення
LAN	Local Area Network – локальна обчислювальна мережа
LSP	label switch path – віртуальний канал, тунель, шлях в протоколі MPLS.
MAN	metropolitan area network – комп'ютерна мережа, яка з'єднує користувачів з комп'ютерними ресурсами в географічному регіоні
MPLS	Multiprotocol Label Switching – багатопроTOCOLьна комутація за мітками
PIM SSM	Protocol-Independent Multicast Source-Specific Multicast – протокол багатоадресної маршрутизації для мереж IP
QinQ	Розширення до стандарту IEEE 802.1Q, що описує як тегованих трафік може передаватися всередині вже тегованого трафіка.
RSVP-TE	Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering продовження протоколу резервування ресурсів (RSVP)

SLA	service-level agreement – це договір між постачальником послуг і його внутрішніми або зовнішніми клієнтами
VoIP	Voice-over-IP – IP-телефонія, голос зверху IP
VPLS	Virtual Private LAN Service – сервіс віртуальної частини мережі
VPN	Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа
WAN	Wide Area Network – глобальна обчислювальна мережа
WiFi	Wireless Fidelity – технологія бездротової локальної мережі

ВСТУП

Для забезпечення сталого розвитку будь-якої країни вкрай важливо нарощувати та впроваджувати новітні технології у сфері телекомунікацій. Це створює економічно та соціально просунуту націю, надає більше можливостей для ефективної, динамічної та прозорої роботи держави, бізнесу та кожного індивіда зокрема [1].

Світові тенденції зосереджені на створенні конкурентних переваг, що сприятимуть досягненню успіху країн в умовах сучасного цифрового світу. Розвиток цих тенденцій, допомагають визначити основні виклики та пріоритетні напрями у сфері телекомунікацій. Вони вказують на необхідність модернізації конвергованих мереж, запровадження обладнання та технології наступного покоління для переведення послуг на уніфіковану роботу. Технології та послуги, пов'язані з передачею даних є найбільш економічно вигідними та перспективними [2]. Зокрема, такі послуги як: IP-телефонія, корпоративні мережі VPN, відео на замовлення VoD, відеоконференції, телебачення на основі інтернет-технології IPTV.

Для України інновації в телекомунікаційних системах відіграють стратегічну роль на державному рівні. Мова йде про всі рівні діяльності суспільства – соціальний та економічний, в яких телекомунікаційні системи забезпечують оперативне та інтерактивне передавання інформації. Телекомунікації відіграють одну з ключових ролей у прискоренні розвитку економіки та соціальної сфери, тому їх розвиток повинен випереджати загальні темпи розвитку економіки, адже це буде визначальним фактором як для короткострокової так і довгострокової перспективи країни. В свою чергу повільні темпи розвитку телекомунікацій можуть призвести до значного зниження конкурентоспроможності економіки України [3].

Доказом цього, є інтенсивне зростання надання телекомунікаційних послуг та поява нових сервісів, що є більш вимогливими до характеристик

транспортних мереж, в порівнянні з традиційними. Роль послуг передачі даних значно зросла істотно збільшивши їх вагу в загальному обсязі трафіку, що передається. Це спричинено постійним збільшенням числа користувачів Інтернет, будівництвом корпоративних мереж та мереж зберігання даних, а також впровадженням великої кількості нових послуг, що вимагають розширення смуги пропускання транспортної мережі. Збільшилась конкуренція між операторами зв'язку, результатом чого стало розширення пропозиції послуг, змінюючи їх структуру, ресурсомісткість та технологічні основи. Оператори зв'язку інвестують величезні ресурси в побудову транспортних мереж, адже розвиток телекомунікаційної галузі стає ще більш інтенсивним з кожним роком.

Метою дипломної роботи є проектування та розрахунок основних показників транспортної мережі в тих регіонах нашої держави, які після трагічних подій 2014 року змушені вдосконалювати телекомунікаційні технології в прискореному темпі.

Транспортний рівень є основою мереж нового покоління. Він відповідає за розподіл трафіку та є відправною точкою переходу до них. Нерівномірність використання різних типів послуг різними абонентами в різні часові відрізки породжує питання розподілу трафіку, а також боротьби з його пульсаціями та резервацію шляхів, які на сьогоднішній день є дуже актуальні.

Технологія та устаткування для побудови мережі доступу повинні забезпечувати можливість постійного росту пропускну здатності абонентських каналів та розширення переліку запропонованих послуг. Під час етапу проектування транспортної мережі необхідно враховувати наступні вимоги:

- максимально надійна мережа – це досягається внаслідок резервування каналів зв'язку та правильного вибору топології;

- Мультисервісність – підтримка та коректне надання сучасних послуг широкосмугового доступу;
- Економічність – досягається правильним вибором обладнання та рентабельними проектними рішеннями.

На сьогоднішній день одним з найважливіших галузей впровадження та надання послуг широкосмугового доступу є проектування та впровадження транспортних мереж. Кількість абонентів з кожним роком стрімко збільшується, а їх потреби розширюються. Незважаючи на велику кількість магістральних та регіональних провайдерів, впровадження нових мереж на сьогоднішній день є дуже актуальним питанням.

1 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз ринку сучасних сервісів доступу до інформаційних ресурсів

Стрімкий розвиток інформаційних технологій призводить до появи більшої кількості різноманітних інформаційних ресурсів. Їх відрізняють форми подання та методи обробки складових інформаційних об'єктів.

З року в рік різноманіття сервісів зростає, вони стрімко розвиваються та набувають все більшої популярності. Найсучасніші сервіси витісняють застарілі, змінюючи актуальність та затребуваність продукції на ринку дуже стрімко.

Найкращим прикладом для класифікації сервісів Інтернет є поділ на інтерактивні, прямі і відкладеного читання. Ці категорії об'єднують сервіси за значним числом характеристик.

Найбільш поширеними є сервіси відкладеного читання. Вони універсальні та найменш вимогливі до ресурсів комп'ютерів і ліній зв'язку. Сервіси прямого звернення працюють таким чином, що інформація на запит повертається негайно, однак вимоги негайної реакції від одержувача інформації немає. До інтерактивних сервісів відносяться ті, що вимагають негайної реакції на отриману інформацію, вони по суті є запитом.

Існує величезна кількість сервісів, що забезпечують роботу з усіма видами ресурсів [4].

На сьогоднішній день найбільш затребуваними сервісами в Україні є:

- Internet(та WiFi)
- IPTV
- Data (оренда каналу зв'язку)
- VoIP

Спостерігається висока динаміка росту даних сервісів, адже вони є найбільш використовуваними та рентабельними.

Вказані сервіси відбиралися на основі двох критеріїв:

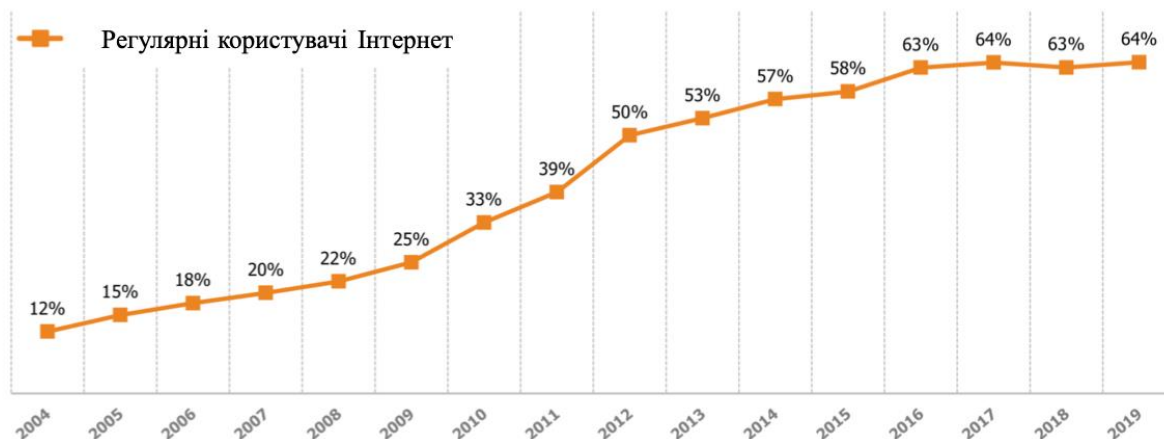
- Популярності (швидкість розвитку та актуальність)
- Масштабності (кількість користувачів)

Відповідно до проведеного аналізу, впливає висновок, що в проектуванні мережі будуть задіяні ці, вищеперераховані, найбільш популярні і рентабельні сервіси. Розвиток інтернет індустрії, зробив Україну значно мобільнішою та спричинив більш швидкий та відкритий доступ в мережу для кожної людини без значних зусиль. Тенденція збільшення кількості гаджетів на частку населення невинно зростає. Мешканці великих міст почали використовувати декілька гаджетів одночасно в повсякденному житті, а також для робочих та виробничих потреб, в той час як в невеликих селищах все більше людей починають долучатися до смарт технологій, будуються підприємства та виробництва, в яких використання інформаційних технологій є невід'ємною частиною процесу. Особливо швидко розвиваються туристичні регіони, адже в сезони найбільшої навантаженості, трафік зростає в рази і мережі мають бути модернізованими.

Згідно дослідженню компаній We Are Social та Hootsuite [5], станом на 2018 рік в Україні 25,59 мільйонів користувачів Інтернету, що на 17% більше, ніж раніше. Ці цифри відповідають тим, що оголошено Інтернет Асоціацією України. На перший квартал 2019 року доля регулярних користувачів Інтернет складає 64% населення України віком від 15 років (без урахування АР Крим та окупованих територій).

За останні роки число постійних користувачів Інтернет в Україні виросло з 53% в 2013 році до 64% в 2019 році. Це враховуючи окупацію АР Крим та частини східних регіонів.

Тенденція росту кількості користувачів Інтернет в Україні зображена на Рис. 1.1[6].



**Згідно даних Інтернет Асоціації України. Вся територія України без АР Крим та окупованих територій України, вік користувачів 15+. До 3 кварталу 2014 року дані з АР Крим. З 2 кварталу 2016 данні без АР Крим та окупованих територій України.*

Рисунок 1.1 Інтернет - користувачі в Україні 2004 - 2019

Згідно графіку та прогнозів на наступні роки можна зробити висновок, що стрімке зростання користувачів Інтернет буде продовжуватись, а технології покращуватися.

1.2 Вибір регіону організації мережі

З 2014 року роль головного туристичного регіону України належить Одеській області. За останні п'ять років зафіксовано зростання кількості мешканців в регіоні та кількість туристів в туристичний сезон [7]. За останні роки населення Одеси збільшилося за рахунок міграції, оскільки природного зростання населення не спостерігається. Згідно з показниками 2016 - 2018 років, спостерігається також і позитивна тенденція збільшення частки іноземних туристів, що відвідують Одеську область. Так, у 2017 році доля іноземних туристів підвищилася на 30%, у порівнянні із 20% у 2016 році [7]. Загалом у 2017 році Одесу відвідали чотири з половиною мільйони

туристів, в той час як у 2018 році ця цифра склала більше шести мільйонів (Рис. 1.2)[8]. Це зумовлено розширенням спектру послуг, розвитком туристично-рекреаційної сфери, збільшенням маршрутів, модернізацією транспортної інфраструктури, розбудовою інфраструктури соціальної сфери, а також розвитком круїзної навігації в регіоні. Одеська область має великий потенціал і розглядається державою як одна з пріоритетних для подальшого розвитку.



Рисунок 1.2 Кількість туристів в Одеській області 2014 - 2018

У цій дипломній роботі, мова піде про Одеську область, бо цей регіон потребує значного розширення телекомунікаційної інфраструктури через значне зростання за останні роки кількості відвідувачів, відпочиваючих та туристів. Особливу увагу буде надано таким факторам як популярність сучасних сервісів доступу до інформаційних ресурсів, їх рентабельність та доцільність створення. Територіально мапа найпопулярніших туристичних напрямків прямо пропорційна напрямкам з найзавантаженішим трафіком в туристичний сезон. Кількість туристів щороку зростає і це питання стає все актуальнішим (Рис. 1.2).

Для проектування транспортної мережі була обрана Одеська область.

1.3 Характеристика регіону та вибір місць розміщення вузлів

Найбільш популярні міста Одеської області у туристичний сезон, з 20 травня по 10 вересня, знаходяться у південній частині, вздовж узбережжя Чорного моря [9].

На рисунку 1.3 зображена мапа найпопулярніших туристичних напрямків Одеської області.

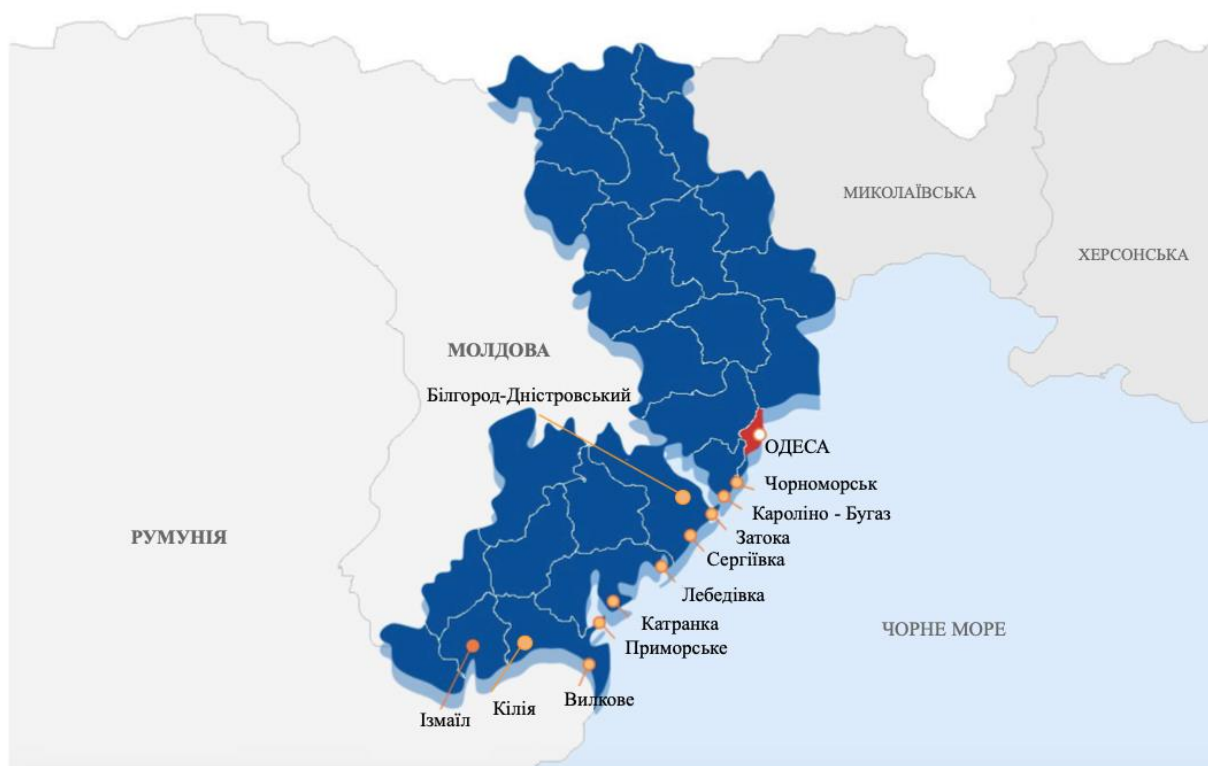


Рисунок 1.3 Мапа найпопулярніших туристичних напрямків Одеської області

Серед міст регіону було обрано ті, що є найбільш популярними та населеними в туристичний період. Другорядним фактором також виступало місцезнаходження тих міст, у яких планується розташування обладнання та можливість прокладання основної та резервної оптичної лінії зв'язку.

Головний вузол розташований в місті Одеса, який в свою чергу має вихід на магістральні лінії в місто Київ.

Для встановлення вузлів обрано ті міста, що є найперспективнішими та отримують найбільше фінансування від держави та міжнародних партнерів на розвиток туризму станом на зараз та в найближчі роки (Рис. 1.3) [10]:

- Одеса
- Сергіївка
- Кароліно - Бугаз
- Затока
- Чорноморськ
- Лебедівка
- Катранка
- Ізмаїл
- Білгород-Дністровський
- Кілія
- Вилкове
- Приморське

Загальна кількість населення разом з кількістю туристів, що відвідали дані міста в 2018 році у пік туристичного сезону приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Сумарна кількість населення та туристів у пік сезону

Місто	Населення, тис. чол.
Одеса	2701,3
Сергіївка	405,4
Кароліно - Бугаз	402,3
Затока	401,9
Чорноморськ	309,7
Лебедівка	301,3
Катранка	300,02
Білгород- Дністровський	249,7
Ізмаїл	221,6
Кілія	170,3
Вилкове	158,2
Приморське	101,8

В даних містах буде розташоване обладнання (вузли мережі).

1.4 Визначення топології проектованої мережі

Щоб визначити топологію мережі, розглянемо найбільш поширені з них та оберемо ту, яка найкраще буде відповідати вимогам.

Топологія мережі визначає не тільки фізичне розташування комп'ютерів, але і характер з'єднань між ними та особливості поширення сигналів мережею. Саме характер зв'язків визначає ступінь відмовостійкості мережі, необхідну складність мережевого обладнання, найбільш відповідний спосіб управління обміном, можливі типи каналів зв'язку, допустимий розмір мережі. (довжина ліній зв'язку і кількість абонентів), необхідність електричної координації та багато іншого [4].

Розрізняють чотири поняття топології мережі[11]:

1. Фізична топологія – схема розташування комп'ютерів і прокладки кабелів.
2. Логічна топологія – структура зв'язків, характер поширення сигналів мережею.
3. Топологія управління обміном - принцип і послідовність передачі права на захоплення мережі між окремими комп'ютерами.
4. Інформаційна топологія – напрямок інформаційних потоків, що передаються мережею.

Всі мережі будуються на трьох основних топологіях[11]:

- Шина
- Зірка
- Кільце

Від вибору топології мережі залежить багато характеристик. Наявність між вузлами кількох каналів підвищує надійність мережі і рівномірність завантаження окремих каналів. Простота під'єднання нових

вузлів дозволяє легко розширювати мережу. Економічні міркування часто призводять до вибору топології, яка характеризується мінімальною сумарною довжиною ліній зв'язку.

1.4.1 Види топологій

1.4.1.1 Топологія шини

Топологія мережі типу "шина" показана на рис.1.4.

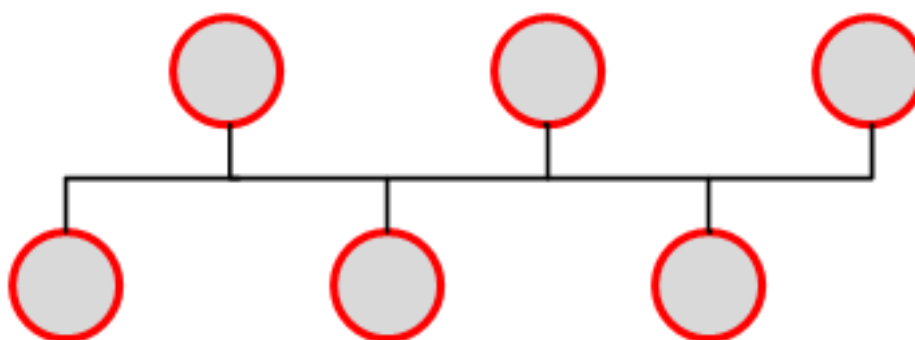


Рисунок 1.4 Топологія шини

Топологія даного типу являє собою загальний кабель (званий шина або магістраль), до якого приєднані всі робочі станції. На кінцях кабелю знаходяться термінатори, для запобігання відображення сигналу[11].

Переваги мережі "шина":

- витрата кабелю істотно зменшений
- відмова одного з вузлів не впливає на роботу мережі в цілому;
- мережу легко налаштовувати і конфігурувати;
- мережу стійка до несправностей окремих вузлів.

Недоліки мережі "шина":

- розрив кабелю може вплинути на роботу всієї мережі;
- обмежена довжина кабелю і кількість робочих станцій;

- недостатня надійність мережі через проблеми з роз'ємами кабелю;
- низька продуктивність, обумовлена поділом каналу між усіма абонентами.

1.4.1.2 Лінійна (ланцюгова) топологія

Топологія мережі типу "лінія" показана на рис. 1.5.

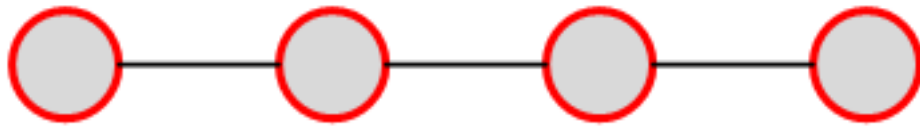


Рисунок 1.5 Лінійна топологія

При лінійній топології всі елементи мережі підключені один за одним за допомогою одного кабелю. Кінці такої мережі повинні бути заглушені за допомогою невеликих заглушок.

Зазвичай при такій топології використовується один кабель і в ній немає ніякого додаткового активного мережевого обладнання, яке дозволяє з'єднувати комп'ютери та інші об'єкти мережі[11].

Така топологія іноді трактується як ідентична шині.

1.4.1.3 Зіркова топологія

Топологія мережі типу «зірка» зображена на рис. 1.6.

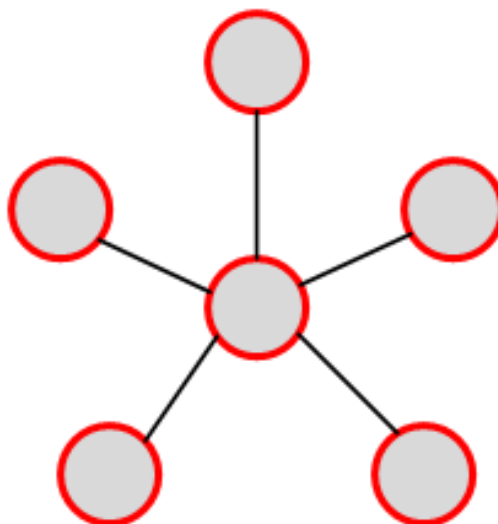


Рисунок 1.6 Зіркова топологія

У мережі, побудованій за топологією типу «зірка», кожна робоча станція під'єднується кабелем до концентратора, або хабу. Концентратор забезпечує паралельне з'єднання ПК і, таким чином, всі комп'ютери, підключені до мережі, можуть спілкуватися один з одним.

Дані від передавальної станції мережі передаються через хаб по всіх лініях зв'язку всім ПК. Інформація надходить на всі робочі станції, але приймається тільки тими станціями, яким вона призначається[11].

Переваги мереж топології зірка:

- легко підключити новий ПК;
- є можливість централізованого управління;
- мережу стійка до несправностей окремих ПК і до розривів з'єднання окремих ПК.

Недоліки мереж топології зірка:

- відмова хаба впливає на роботу всієї мережі;
- велика витрата кабелю;
- обмеженість числа робочих станцій відповідно до кількості портів в центральному концентраторі.

1.4.1.4 Кільцева топологія

Топологія мережі кільцевого типу зображена на рис. 1.7.

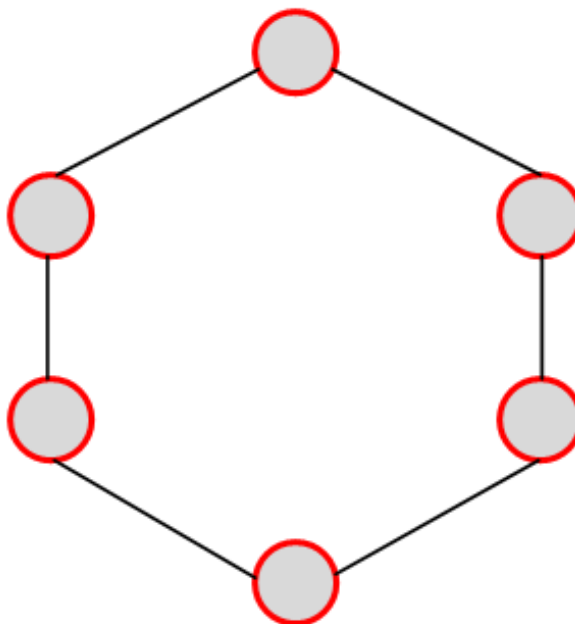


Рисунок 1.7 Кільцева топологія

У мережі з топологією типу «кільце» всі вузли з'єднані каналами зв'язку в нерозривне кільце, по якому передаються дані. Вихід одного ПК з'єднується з входом іншого ПК. Почавши рух з однієї точки, дані, в кінцевому рахунку, потрапляють на його початок. Дані в кільці завжди рухаються в одному і тому ж напрямку.

Приймаюча робоча станція розпізнає і отримує тільки адресовані їй повідомлення. У мережі з топологією типу фізичне кільце використовується маркерний доступ, який надає станції право на використання кільця у визначеному порядку. Логічна топологія даної мережі – логічне кільце. Дану мережу дуже легко створювати і налаштовувати.

Головною перевагою цієї топології є надійність. Якщо виникла проблема на одній з гілок, з'єднання відбувається за резервним напрямком[11].

1.4.1.5 Топологія подвійного кільця

Ця топологія, побудована на двох кільцях. Перше кільце - основний шлях для передачі даних. Друге – резервний шлях, дублюючий основний. При нормальному функціонуванні першого кільця, дані передаються тільки по ньому. При його виході з ладу воно об'єднується з другим і мережа продовжує функціонувати. Дані при цьому за першим кільцем передаються в одному напрямку, а по другому – в зворотному. Мережі з такою конфігурацією є мережами FDDI[13].

1.4.1.6 Топологія дерева

Топологія мережі типу "дерево" показана на рис.1.8.

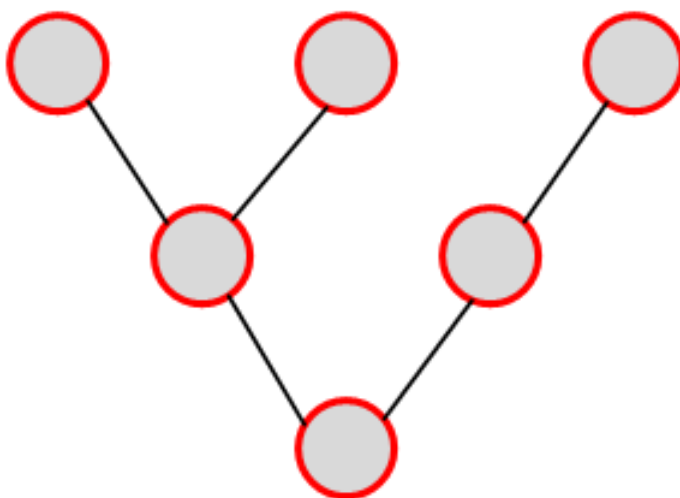


Рисунок 1.8 Топологія дерева

Деревоподібна топологія – побудова мережі за схемою двійкового дерева, де кожен вузол більш високого рівня пов'язаний з двома вузлами наступного по порядку більш низького рівня.

У деревовидної топології мережа будується за схемою так званого суворо двійкового дерева, де кожен вузол більш високого рівня пов'язаний з двома вузлами наступного по порядку більш низького рівня. Вузол, що знаходиться на більш високому рівні, прийнято називати батьківським, а два підключених до нього нижче розташованих вузла – дочірніми. У свою чергу, кожен дочірній вузол виступає як батьківського для двох вузлів наступного нижчого рівня. Кожен вузол пов'язаний тільки з двома дочірніми і одним батьківським. У мережі з топологією дерева є один виділений мережевий пристрій, який є коренем дерева[12].

1.4.1.7 Повнозв'язна топологія

Топологія повнозв'язної мережі зображена на рис.1.9.

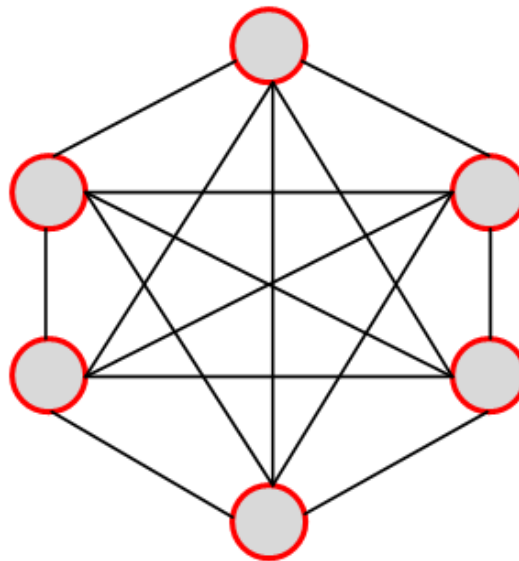


Рисунок 1.9 Повнозв'язна топологія

Мережа, в якій кожен комп'ютер безпосередньо пов'язаний з усіма іншими. Однак цей варіант громіздкий і неефективний, тому що кожен комп'ютер в мережі повинен мати велику кількість комунікаційних портів, достатню для зв'язку з кожним із інших комп'ютерів. Найчастіше ця

топологія використовується в багатомашинних комплексах або глобальних мережах з невеликою кількістю робочих станцій [11].

1.4.2 Обрана топологія

Виходячи з вимог до надійності та доступності мережі, проектована мережа буде основана на кільцевій топології.

Проектована мережа буде складатися з трьох кілець, причому, із-за територіального розміщення міст топологія буде складатися з основного кільця, центрального кільця, яке буде вміщувати в себе найбільшу кількість міст та третього кільця. Схематично приблизна топологія проектованої мережі зображена на рис.1.10.

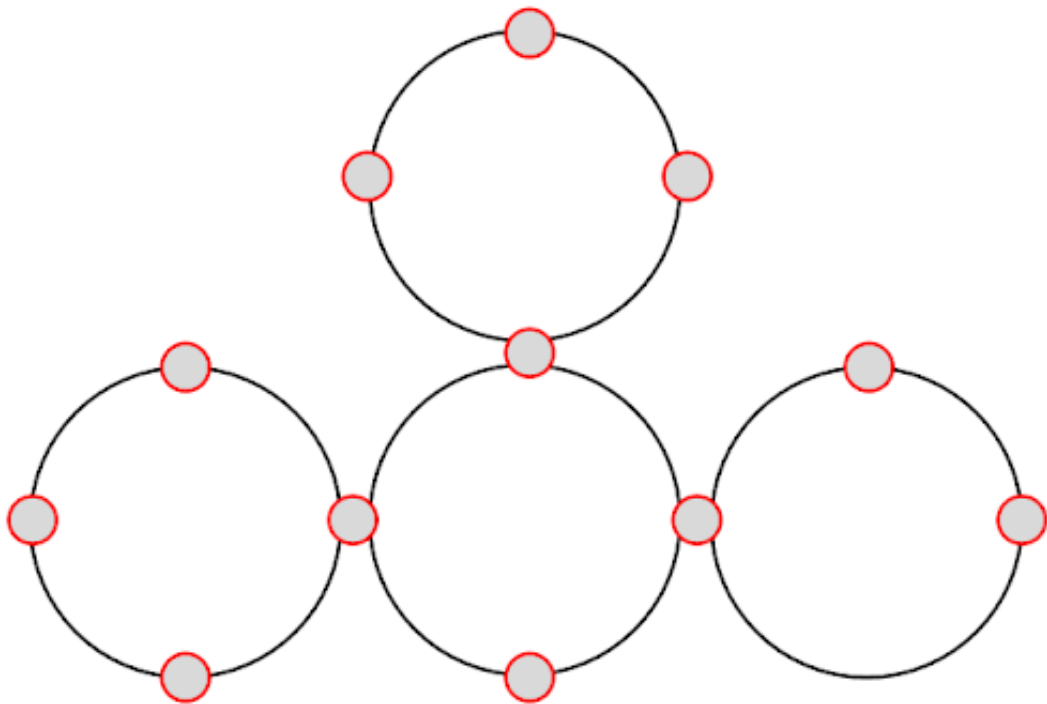


Рисунок 1.10 Приблизна топологія проектованої мережі

1.5 Обґрунтування вибору технології транспортної мережі

Вибір технології, яка забезпечить правильну та швидку роботу мережі, є одним з найбільш важливих етапів у проектуванні транспортної

мережі. Необхідно визначитися з технологією, яка зможе забезпечити роботу всіх сервісів.

1.5.1 Аналіз технологій транспортних мереж

Проаналізуємо можливі технології транспортних мереж.

Еволюція розвитку транспортних мереж та їх різновид наведені на рис.1.11 і рис.1.12[6].

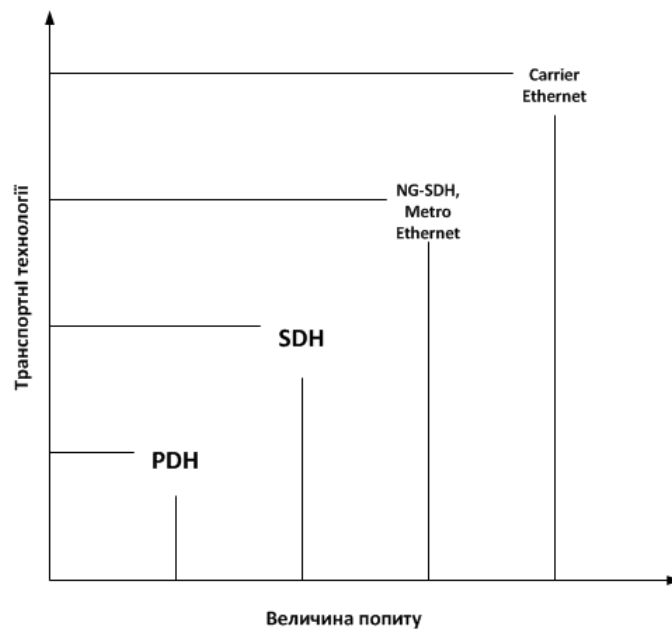


Рисунок 1.11 Розвиток транспортних технологій

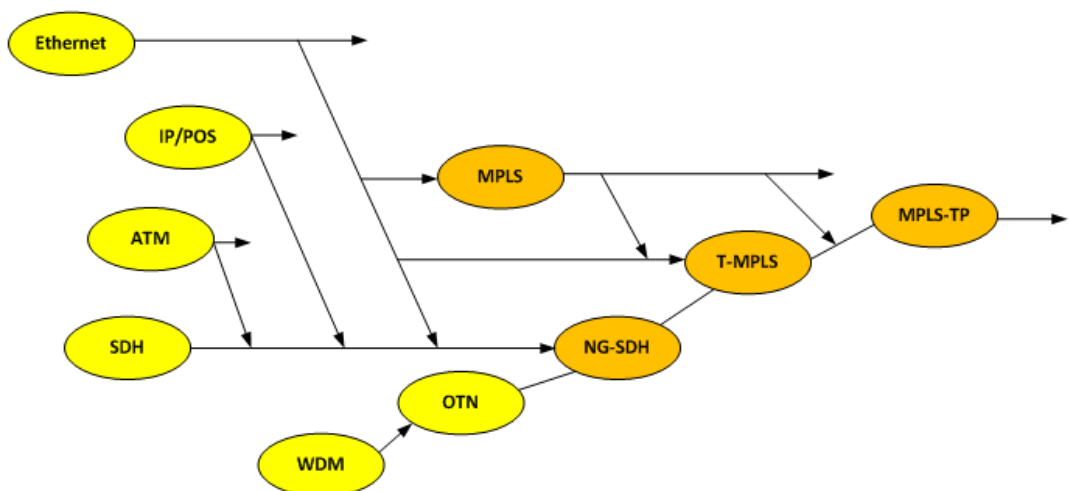


Рисунок 1.12 Еволюція розвитку транспортних мереж

На основі аналізу видно, що IP / MPLS є найбільш актуальною і впровадженою технологією транспортної мережі.

Одним з найважливіших критеріїв при виборі технології є можливість передачі різних видів трафіку з метою забезпечення функціонування різних послуг, тобто створення мультисервісної мережі.

Мультисервісними називаються мережі, в яких один канал використовується для передачі різних типів трафіку. Мультисервісні мережі забезпечують поставки споживачам безлічі різних послуг на єдиній технологічній основі - за принципом конвергенції послуг.

Найбільш ефективно функції транспорту для голосу, відео та інших даних, реалізують на основі пакетних мереж, одним з різновидів мультисервісних мереж з використанням транспорту MPLS-TP.

1.5.2 Характеристика та застосування технології IP / MPLS

MPLS (MultiProtocol Label Switching) - це технологія швидкої комутації пакетів в багато протокольних мережах, заснована на використанні міток. MPLS розробляється і позиціонується як спосіб побудови високошвидкісних IP-магістралей, однак область її застосування не обмежується протоколом IP, а поширюється на трафік будь-якого маршрутизації мережевого протоколу.

Традиційно головними вимогами, що пред'являються до технології магістральної мережі, були висока пропускна здатність, мале значення затримки і хороша масштабованість. Однак сучасний стан ринку диктує нові правила гри. Тепер постачальнику послуг недостатньо просто надавати доступ до своєї IP-магістралі. Змінилися потреби користувачів включають в себе і доступ до інтегрованих сервісів мережі, і організацію віртуальних приватних мереж (VPN), і ряд інших інтелектуальних послуг. Зростаючий

попит на додаткові послуги, що реалізуються поверх простого IP-доступу, обіцяє принести Internet-провайдерам величезні доходи.

Для вирішення виникаючих завдань і розробляється архітектура MPLS, яка забезпечує побудову магістральних мереж, що мають практично необмежені можливості масштабування, підвищену швидкість обробки трафіку і безпрецедентну гнучкість з точки зору організації додаткових сервісів. Крім того, технологія MPLS дозволяє інтегрувати мережі IP і ATM, за рахунок чого постачальники послуг зможуть не тільки зберегти кошти, інвестовані в обладнання асинхронної передачі, а й отримати додаткову вигоду зі спільного використання цих протоколів [14].

Наявність міток дозволяє маршрутизаторам і комутаторам, що підтримують технологію MPLS, визначити наступний крок у маршруті пакетів без виконання процедури пошуку адреси. Основні області застосування MPLS[15]:

- управління трафіком;
- підтримка класів послуг (CoS);
- організація віртуальна приватних мереж (VPN)

1.5.3 Трафік інжиніринг системи MPLS

Функція MPLS Traffic Engineering (TE) дозволяє мережі сервіс-провайдеру емулювати можливості інжинірингу трафіку, які існують у мережах 2-го рівня. Інжиніринг трафіку на третьому рівні дозволяє контролювати окремі мережеві маршрути, зменшуючи ймовірність переповнення та підвищуючи економічність IP-трафіку в мережах, які маршрутизуються. Метою інжинірингу трафіку на 3-му рівні є максимальне використання всіх мережевих ресурсів. Як правило, в мережі IP є багато альтернативних маршрутів, по яких трафік передається до місця

призначення. Якщо ви покладаетесь лише на протоколи маршрутизації, то деякі маршрути будуть переповнені, а інші будуть простоювати.

Інжиніринг трафіку MPLS[14]:

- створює єдиний підхід до інжинірингу трафіку. За допомогою MPLS можливості інжинірингу трафіку вводяться на третьому рівні, що дозволяє оптимізувати маршрутизацію IP-трафіку з урахуванням обмежень, що накладаються ємністю та топологією мережевої магістралі;
- маршрутизація потоків трафіку по мережі з урахуванням доступних ресурсів мережі;
- використовує "маршрутизацію з урахуванням обмежень", тобто вибирає найкоротший маршрут для передачі трафіку, який відповідає вимогам (обмеженням) цього потоку. У MPLS TE трафік має вимоги до смуги пропускання, вимоги до середовища пропускання, вимоги пріоритетності тощо;
- розпізнає збої мережі та відмови, які змінюють її топологію, та адаптуються до нового набору обмежень. При цьому завдання у TE у RFC 2702 «Requirements for Traffic Engineering Over MPLS» формулюється як мінімізація максимального коефіцієнта використання по всіх ресурсах мережі, щоб нанести найменший збиток трафіку.

Інжиніринг трафіку дозволяє сервіс-провайдеру запропонувати своїм користувачам кращі послуги з контрольованою пропускною спроможністю та часом затримки. Це досягається за рахунок класифікації даних і передачі цих даних через тунелі, які відповідають вимогам даного трафіку.

У технології MPLS TE інформація про знайдений раціональний шлях використовується повністю - тобто запам'ятовується не тільки перший транзитний вузол, як і в основному режимі IP-маршрутизації, а всі проміжні вузли шляху разом з початковим і кінцевим, тобто маршрутизація проводиться від джерела[14].

Маршрути проходження інформації, як оптимальний, так і резервний, наведені в розділі 4 дипломної роботи.

У MPLS TE існує метод відновлення послуг. Це досягається через функцію захисту каналів або швидку переадресацію.

Кожен канал може бути захищений резервним маршрутом, який починає працювати в момент відмови каналу, незалежно від головного маршрутизатора. Ця технологія відрізняється від простого захисту каналу, коли саме головний маршрутизатор активізує резервний канал.

На рис.1.13 зображено принцип захисту каналу з комутацією по мітках.

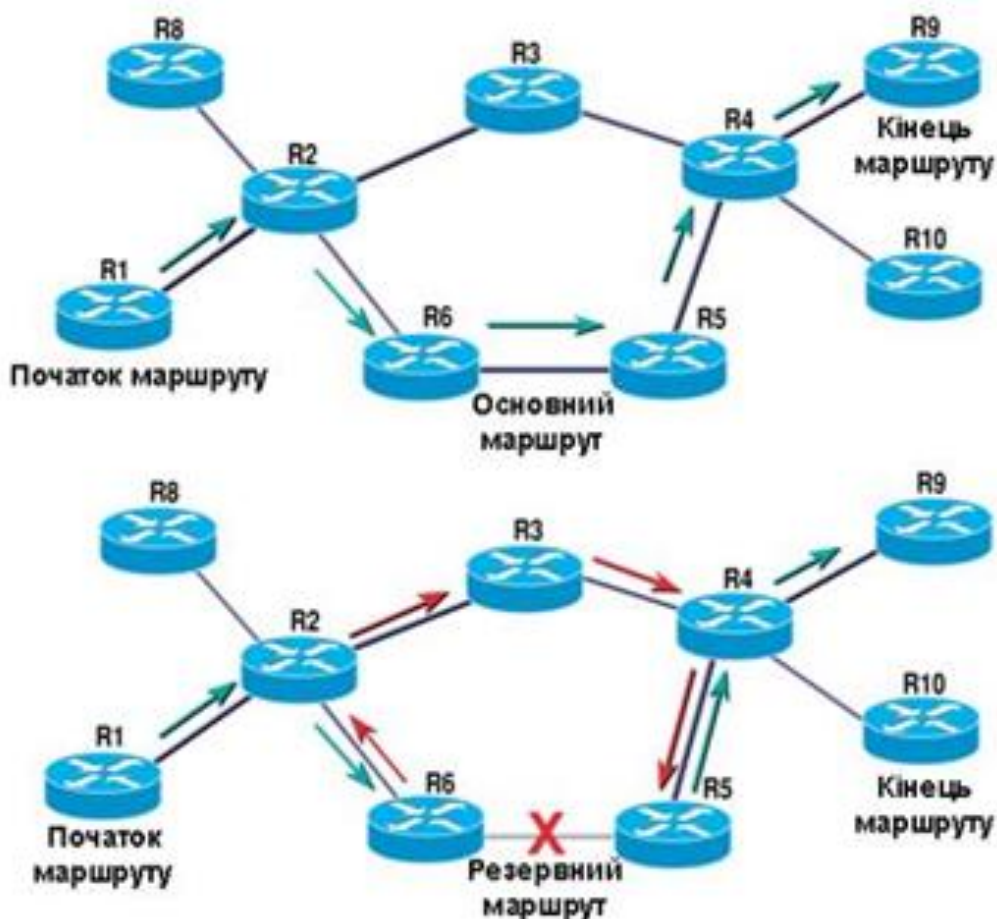


Рисунок 1.13 Захищений канал з комутацією по мітках

Стандартні функції MPLS-TE включають функцію визначення топології TE, що забезпечується протоколом IGP-TE і функцію LSP-сигналізації, що забезпечується протоколом RSVP-TE. Ці стандартні функції знаходяться в маршрутизаторах[16].

Загальна архітектура систем маршрутизації MPLS-TE наведена на рис.1.14.

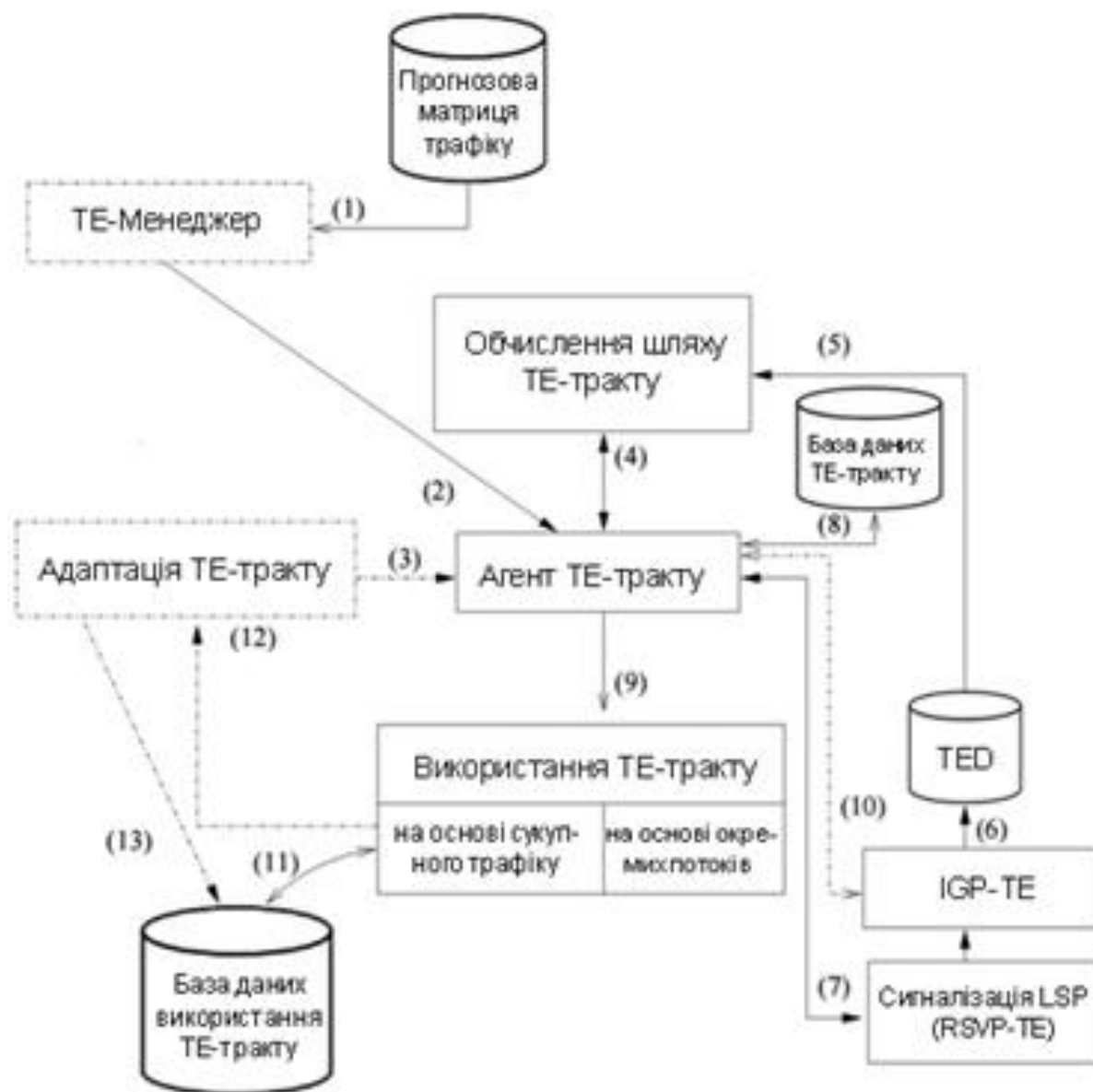


Рисунок 1.14 Загальна архітектура систем маршрутизації MPLS-TE

Кожен з блоків виконує певну функцію.

TE-Manager - це функціональний орган, який вирішує встановити / видалити / змінити TE-шлях на основі прогнозування матриці трафіку.

TE-Trunk Agent - серце архітектури. Він контролює створення / модифікацію / видалення шляху TE в мережі. Він координує дії TE-блоків, адаптацію TE-тракту, обчислення шляху TE-тракту, використання TE-тракту і сигналізації.

TE-Trunk Path Computation є одним з основних будівельних блоків у системах маршрутизації MPLS-TE. Він повинен знайти шляхи TE-тракту, використовуючи базу даних трафік інжинірингу, яка поповнює IGP і з огляду на потреби TE-тракту.

TE-Trunk Adaptation block займається адаптацією розміру TE-тракту відповідно до фактичного навантаження. Він збільшує сумарну ширину смуги пропускання, виділену для TE-тракту, для того, щоб передбачити проблеми перевантаження.

TE-Trunk Utilization відповідає за визначення шляху трафіку всередині TE-тракту, визначення шляху вхідних потоків всередині TE-LSP, моніторингу трафіку в TE-тракті, перевірку фактичного навантаження на TE-тракті та контроль вхідних потоків всередині TE-трактів. У мережах MPLS-TE з розподіленням на головних маршрутизаторах обчисленням тунельного тракту, тунельні тракти обробляється окремо, в некоординованому режимі.

Для реалізації надання сервісів у проєктованій мережі було обрано технологію IP / MPLS.

1.6 Висновки з розділу 1

Аналіз ринку телекомунікацій показав, що сьогодні найбільш популярними і актуальними є послуги доступу до Інтернету, VoIP, IPTV, і

оренда каналу зв'язку (Data). Темпи зростання кількості користувачів широкосмугового доступу швидко зростають.

Одеська область була обрана для модернізації мережі, оскільки даний регіон є головним туристичним напрямком України, та з кожним роком приймає все більше туристів. Особливо цей показник виріс після окупації Криму. За минулий рік область прийняла більше шести мільйонів туристів. Одеська область є одним з найпріоритетніших регіонів, і держава виділяє значні кошти на її модернізацію.

З точки зору забезпечення максимальної надійності, проектована мережа має кругову топологію. Будучи транспортною технологією, був обраний MPLS, який задовольняє всім особливостям дизайну мережі, а головне, він підтримує можливість належного надання мультисервісних послуг.

2 РОЗРАХУНОК ТРАФІКУ МЕРЕЖІ

В сучасних інформаційних системах, в порівнянні з класичними мережами зв'язку, опис трафіку значно ускладнюють деякі чинники, такі як: велика різноманітність мережних конфігурацій, широкий діапазон швидкостей передачі, істотний статичний характер інформаційних потоків тощо.

Фізична природа значних діапазонів зміни характеристик випадкових процесів передачі бітового трафіку в значній мірі обумовлена нерегулярністю генерації інформації джерелом. На сьогоднішній день поява нових мережових технологій призвела до появи нових терміналів, які надають мультимедійні телекомунікації, послуги широкосмугового доступу, послуги з гарантією часу доставки і т.д. Мережі, які готові надавати будь-які телекомунікаційні та інформаційні послуги, називаються мультисервісними мережами.

Мультисервісною мережею зв'язку називають єдину телекомунікаційну інфраструктуру для перенесення, комутації трафіку довільного типу, що створюється завдяки взаємодії споживачів з постачальниками послуг зв'язку з контрольованими і гарантованими параметрами трафіку. Дані мережі повинні обов'язково гарантувати домовлену якість з'єднань та надавання послуг. Для діяльності оператора дана задача є невід'ємною частиною.

В Одеській області на даний момент налічується 58 інтернет-провайдерів, на яких припадає більше більше 4,5 мільйонів користувачів, враховуючи туристів.

Ієрархія мереж Одеської області виглядає наступним чином:



Рисунок 2.1 Ієрархія мереж Одеської області

"Верхівка" – провайдери, які використовують первинну мережу - «Укртелеком» і «WNet», які мають оптичні магістралі по всій країні і займаються глобальною доставкою інформації. Також сюди входять провайдери, які використовують супутникові канали - «Метра», «Датагруп», «ТТ Ком».

"1 рівень" - «Укртелеком», «WNet», «Датагруп», «Тріолан», «Фрінет» і т.п. Провайдери цього рівня використовують магістральні канали «верхівки», для побудови своєї корпоративної мережі по країні.

"2 рівень" - провайдери місцевого рівня - спеціалізуються на дрібнооптовому та роздрібному продажу інтернет-зв'язку в певних містах чи області. До них можна віднести «Тенет», «Бріз», «Домонет», «Миртелеком» і провайдерів "1-го рівня". Ці компанії поєднують такі види діяльності, як телефонію, корпоративні мережі і продаж інтернету

"3 рівень" - дрібні провайдери, які спеціалізуються на доставці інтернет-послуг кінцевим користувачам. Це домашні мережі та компанії зі своєю комунікацією в певній зоні.

2.1 Розрахунок трафіку на вузлах мережі

Відсоток усіх користувачів широкосмугового доступу Одеської області обрано у пік туристичного сезону і складає 21% від кількості населення разом з туристами.

Відсоток потенційних клієнтів обираємо для кожного міста сталим, який складає 30%.

Тепер розрахуємо кількість потенційних абонентів.

Вихідні данні для розрахунку наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розрахунок кількості потенційних клієнтів

Місто	Населення, тис.чол.	Користувачі ШСД, %	Відсоток потенційних клієнтів, %
Одеса	2701,3	21	30
Сергіївка	405,4	21	30
Кароліно - Бугаз	402,3	21	30
Затока	401,9	21	30
Чорноморськ	309,7	21	30
Лебедівка	301,3	21	30
Катранка	300,02	21	30
Білгород- Дністровський	249,7	21	30
Ізмаїл	221,6	21	30
Кілія	170,3	21	30
Вилкове	158,2	21	30
Приморське	101,8	21	30

За формулою 2.1 проводився розрахунок потенційних клієнтів.

$$\text{КПК} = \text{Н} \times \text{КШСД}/100\% \times \text{ВПК}/100\%, \quad (2.1)$$

де КПК – кількість потенційних користувачів (тис.чол),

Н – населення (тис.чол.),

КШСД – користувачі ШСД (%),

ВПК – відсоток потенційних користувачів (%).

Відсоток користувачів ШСД(21%) та відсоток потенційних клієнтів(30%) обирався сталим для кожного з міст.

Результати розрахунків кількості потенційних клієнтів наведені в таблиці нижче:

Таблиця 2.2 Результати кількості потенційних клієнтів

Місто	Потенційні клієнти, тис.чол.
Одеса	170,18
Сергіївка	25,54
Кароліно - Бугаз	25,34
Затока	25,32
Чорноморськ	19,51
Лебедівка	18,98
Катранка	18,9
Білгород- Дністровський	15,73
Ізмаїл	13,96
Кілія	10,73
Вилкове	10,44
Приморське	6,41

На підставі результатів кількості потенційних клієнтів в кожному з міст, можна розрахувати ємність трафіку.

Ємність кожного сервісу була розрахована з урахуванням населення міст, відсотка потенційних клієнтів та обсягу трафіку на одного абонента. При розрахунках обирався відсоток потенційних клієнтів відносно аналізу конкурентоспроможності ринку кожного з міст. Трафік кожного сервісу на одного абонента обираємо сталою величиною для кожного міста у всій проєктованій мережі (за даними проведеного аналізу ємності середньостатистичного інтернет-провайдера: інтернет - 0,28 Мбіт/с; IPTV - 0,007 Мбіт/с; VoIP - 0,005 Мбіт/с; Data - 0,06 Мбіт/с). Сумарний трафік складає 0,35 Мбіт/с.

З огляду на дані проведеного аналізу ємності, можемо розрахувати сумарну ємність трафіку кожного міста.

Результати ємності трафіку кожного з міст наведені в таблиці нижче.

Таблиця 2.3 Ємність трафіку

		Вид сервісу				Всього
		Інтернет	ІРТ V	VoI P	Data	
№	Вузол	Ємність, Гбіт/с				
1	Одеса	47,65	1,19	0,85	10,21	59,9
2	Сергіївка	7,15	0,18	0,13	1,53	8,99
3	Кароліно - Бугаз	7,1	0,18	0,13	1,52	8,94
4	Затока	7,09	0,18	0,13	2,28	9,68
5	Чорноморськ	5,46	0,14	0,1	1,17	6,87
6	Лебедівка	5,31	0,13	0,09	1,14	6,67
7	Катранка	5,29	0,13	0,09	1,13	6,64

Продовження Таблиці 2.3

8	Білгород-Дністровський	4,4	0,11	0,08	0,94	5,53
9	Ізмаїл	3,9	0,1	0,07	0,84	4,91
10	Кілія	3	0,08	0,05	0,64	3,77
11	Вилкове	2,92	0,073	0,05	0,63	3,67
12	Приморське	1,79	0,04	0,03	0,38	2,24

2.2 Розрахунок навантаження на лініях зв'язку

Щоб розрахувати навантаження на лініях зв'язку використаємо дані з таблиці 2.3.

Щоб побудувати топологію мережі, скористуємось територіальним розташуванням міст, вказаних на рис.1.10, та вибором вузлів, вказаних в таблиці 1.1.

Структура проектованої мережі має структуру кільця. Вона складається з трьох кілець – одного основного, одного центрального та одного другорядного.

Кільцева топологія, побудована за технологією MPLS, бездоганно поєднується з методами резервування каналів та надійністю. У випадку пошкодження основної лінії зв'язку, дані передаватимуться резервним шляхом.

Щоб розрахувати навантаження на лініях зв'язку, необхідно визначити агрегований трафік через суму навантажень усіх сервісів між

обраними містами. Варто зауважити, що трафік залишатиметься рівним як на основному, так і на резервному шляху проходження кабельних ліній.

2.3 Висновки з розділу 2

Кількість сумарного трафіку, за даними проведеного аналізу ємності середньостатистичного інтернет-провайдера, на одного користувача складає 0,35 Мбіт/с.

Розрахунок трафіку на вузлах мережі базується на оцінці потрібної пропускної здатності кожного вузла. Кількість потенційних абонентів в кожному з міст розраховувалась за чисельністю населення разом з кількістю туристів у туристичні сезони і середнім відсотком користувачів відповідних послуг доступу до інформаційних ресурсів.

Структура проектованої мережі складається з одного основного, одного центрального і одного другорядного кілець.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

Аналіз ринку телекомунікаційного обладнання буде проведений відповідно до розрахунків трафіку, особливостей побудови мережі та підтримки технології IP-MPLS.

3.1 Порівняльний аналіз виробників телекомунікаційного обладнання

На ринку виробників телекомунікаційного обладнання можна виділити низку провідних компаній:

- Alcatel-Lucent
- Huawei
- Ciena
- Cisco
- Fujitsu
- Infinera
- Nokia Siemens
- Tellabs

Alcatel-Lucent та Huawei очолюють список постачальників, у зв'язку з їх високими рейтингами та великим внеском у світовий ринок.

Alcatel-Lucent вважається лідером в пакетних оптичних транспортних системах. Рішення компанії Huawei, реалізоване в рамках стратегії "SingleMetro, Multiplay". З моменту його запуску у 2009 році, отримало значну увагу та визнання операторів в усьому світі.

На рис.3.1 продемонстровано відсоток респондентів відповідно до наданої переваги у виборі обладнання.

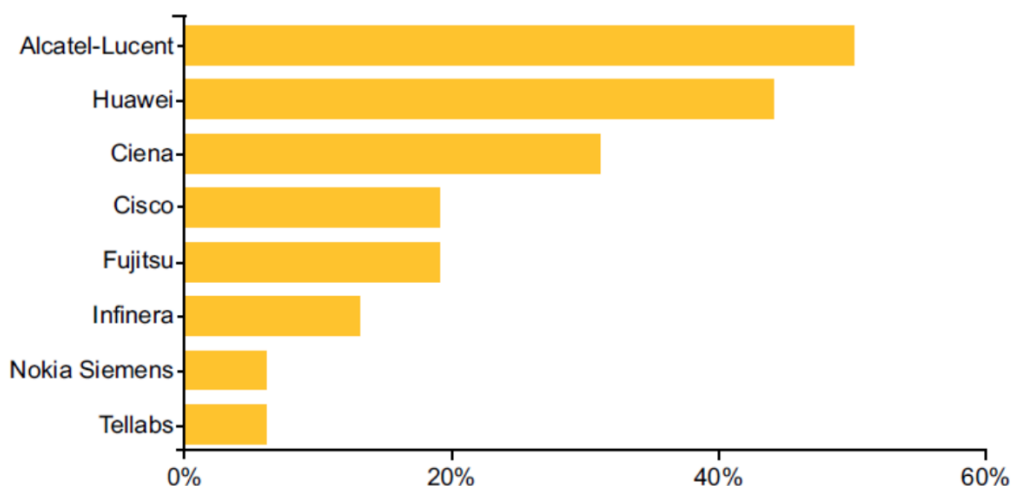


Рисунок 3.1 Відсоток респондентів та їх переваги у виборі обладнання

Характеристики восьми найбільших постачальників телекомунікаційного обладнання було оцінено за шкалою від 1 до 7, де 1 – найнижчий, 4 – середній і 7 – найвищий. Порівняльний графік, що відображає середній бал по кожній характеристиці для кожного постачальника зображено на рис.3.2[17].

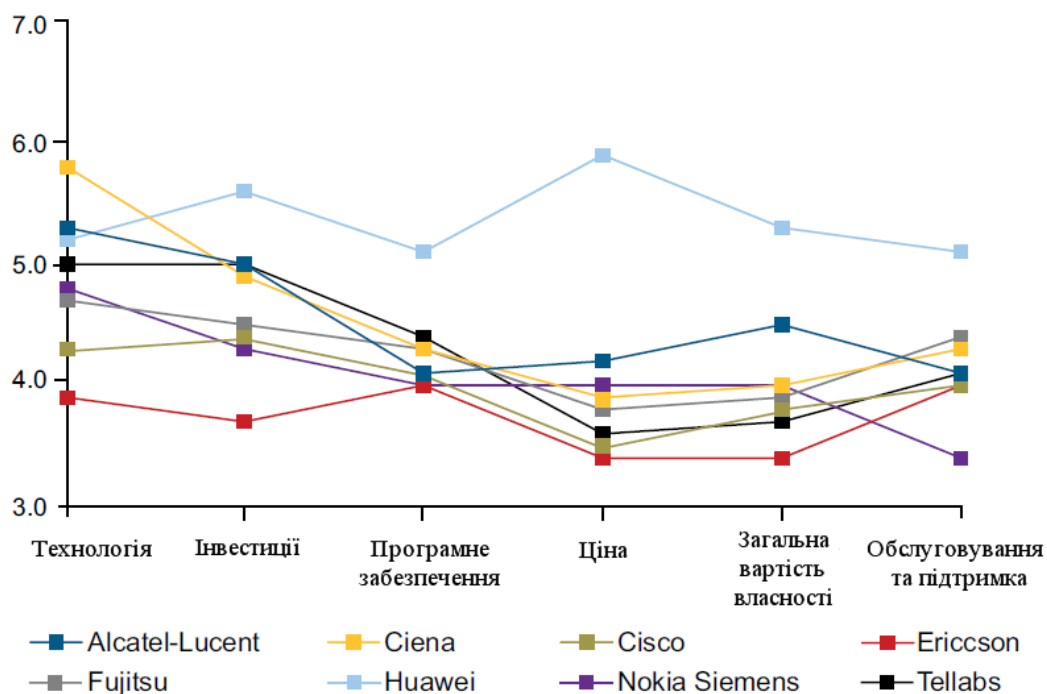


Рисунок 3.2 Порівняння за категоріями

Серед виробників виділимо дві провідні компанії – це Alcatel-Lucent та Huawei. Нижче надано детальні характеристики обладнання, які можуть запропонувати вищезгадані виробники.

Таблиця 3.1 Перелік обладнання Alcatel-Lucent та Huawei

Виробник	Alcatel-Lucent	Huawei
Обладнання	7450 ESS-6	CX600-X3
	7450 ESS-7	CX600-X8

3.1.1 Alcatel-Lucent 7450 ESS-6, ESS-7



Рисунок 3.3 Схема Alcatel-Lucent 7450 ESS-6



Рисунок 3.4 Схема Alcatel-Lucent 7450 ESS-7

Маршрутизатор Alcatel-Lucent 7450 ESS, володіючи неперевершеною щільністю портів і продуктивністю, підтримують масштабовані, надійні, засновані на угодах про рівень обслуговування послуги в Ethernet MAN і WAN для бізнес абонентів[18]. Маршрутизатор Alcatel-Lucent 7450 ESS долають обмеження властиві традиційним Ethernet комутаторів. Вони встановлюють новий стандарт на ринку для доставки бізнес послуг Ethernet, таких як віртуальні виділені лінії, служби віртуальних виділених LAN і високощільної Ethernet агрегації для послуг “3 в 1” в мережах IP / MPLS, одночасно мінімізуючи витрати на обслуговування для зменшення вартості володіння. Їх сервіс – орієнтована архітектура операторського класу підтримує Ethernet служби з фільтрацією, формуванням трафіку і QoS на основі портів або служб, і масштабуються до десятків тисяч користувачів, дозволяє генерувати точні і деталізовані білінгові записи.

Таблиця 3.2 Характеристики обладнання Alcatel-Lucent[18]

Модель	7450 ESS-6	7450 ESS-7
Полоса пропускання	Максимальна продуктивність – 80 Гбіт/с Продуктивність слотів вводу/виводу – 20 Гбіт/с	Максимальна продуктивність – 200 Гбіт/с Продуктивність слотів вводу/виводу – 40 Гбіт/с
Кількість слотів	4	5
Резервування	Живлення, ЦП, комутаційна матриця, вентилятори	Живлення, ЦП, комутаційна матриця, вентилятори
Маса	27,22 кг	27,22 кг
Електроживлення	72 В	72 В
Підтримка IP/MPLS	+	+

3.1.2 Huawei CX600-X3, CX600-X8



Рисунок 3.5 Схема Huawei CX600-X3



Рисунок 3.6 Схема Huawei CX600-X8

На основі розподіленої апаратної експедиції та неблокуючий технології перемикання, CX600 використовує повністю зелений дизайн для більшої екологічної економії енергії. CX600 має надійність операторського класу, продуктивність перенаправлення за лінійною швидкістю, покращений механізм QoS, багаті можливості обробки служб і оптимізовану масштабованість[19].

На основі уніфікованої і зрілої мультисервісної платформи VRP Huawei, CX600 відрізняється надійністю, масштабованістю, ремонтпридатністю і мультисервісним носієм. CX600 є ідеальною платформою, на якій оператори можуть створювати інтегровані несучі мережі, підтримуючи покращені VPLS, VLL, L3 / L2 VPN, QinQ, VLAN

Mapping, PIM SSM, IGMP, масивні MAC адреси, MAC + IP + VLAN. CX600 можна використовувати разом з власними пристроями NE40 та ATN Huawei для побудови ієрархічної інтегрованої мережі носіїв. Тим часом, функція підключення і відтворення ще більше полегшує розгортання[19]. Характеристики обладнання наведені нижче.

Таблиця 3.3 Характеристики обладнання Huawei[20]

Модель	CX600-X3	CX600-X8
Полоса пропускання	Максимальна продуктивність – 60 Гбіт/с Продуктивність слоту вводу/виводу – 20 Гбіт/с	Максимальна продуктивність – 320 Гбіт/с Продуктивність слоту вводу/виводу – 40 Гбіт/с
Кількість слотів	5	11
Резервування	Живлення, ЦПУ, вентилятори	Живлення, ЦПУ, вентилятори
Маса	52,0 кг	136,0 кг
Електроживлення	72 В	72 В
Підтримка IP/MPLS	+	+

Для побудови проекрованої мережі було обрано обладнання компанії Huawei: моделі CX600-X3 та CX600-X8.

Обладнання обиралося за трьома основними критеріями:

- Підтримка IP/MPLS
- Пропускна здатність

- Ціна

3.2 Характеристика обраного обладнання

Висококласне мережеве обладнання CX600-X3 та CX600-X8 розроблено компанією Huawei. Ці пристрої призначені для організації доступу, конвергенції та передачі Ethernet послуг.

Обране обладнання має комутацію 2-го рівня і підтримує широкий спектр високошвидкісних і низькошвидкісних інтерфейсів. Крім того, підтримує Triple-Play послуги: передачу голосу, відео і даних, а також може нести 2G, 3G і LTE послуги одночасно [20].

Основні особливості системи[20]:

- Швидке розгортання послуг
- Компактна структура, яка збільшує щільність портів
- Розподіл каналів управління, каналів обслуговування та моніторингу
- Високий рівень надійності операторського класу і керованість
- Модуль рівня захисту, який відповідає за електромагнітну сумісність
- Можливість гарячої заміни плат, блоків живлення і модулів
- Резервне копіювання мікропроцесорів
- Захист від неправильної установки плат
- Сигналізація працездатності та стану блоків живлення
- Сигналізація працездатності та стану напруги і температури

навколишнього середовища

У пунктах 3.2.2 та 3.2.3 приведений більш детальний опис конфігурацій обладнання.

3.2.1 Обладнання і плати

За результатами сумарної ємності обираємо обладнання та кількість необхідних плат.

Тип обладнання та кількість плат наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Обладнання і плати

		Плати			
Вузол	Тип обладнання Huawei	Fan Module	LP U	PSU	SF U
Одеса	CX600-X8	2	8	4	1
Сергіївка	CX600-X8	2	6	4	1
Кароліно - Бугаз	CX600-X8	2	8	4	1
Затока	CX600-X8	2	6	4	1
Чорноморськ	CX600-X8	2	8	4	1
Лебедівка	CX600-X8	2	6	4	1
Катранка	CX600-X8	2	6	4	1
Білгород- Дністровський	CX600-X8	2	6	4	1
Ізмаїл	CX600-X3	1	3	2	1
Кілія	CX600-X3	1	3	2	1
Вилкове	CX600-X3	1	3	2	1
Приморське	CX600-X8	2	6	4	1
Всього:		21	69	42	12

3.2.2 Huawei CX600-X3



Рисунок 3.7 Схема CX600-X3

Нижче приведена таблиця (табл. 3.5) опису системи CX600-X3.

Таблиця 3.5 Конфігурація системи CX600-X3[20]

Позиція	Значення
Пристрій формування сигналу	Головна частота: 1 ГГц
SDRAM	2 ГБ
Flash	32 МБ
CF card	512 МБ (2x CF card)
Інтерфейс потужності	240 Гбіт/с
Кількість слотів SFU	1 (та 1 резервний)
Кількість слотів LPU	3
Кількість слотів MPU	2
Fan Module	1
Максимальна швидкість порта	20 Гбіт/с

- PSU – блок живлення. Пристрій має два таких блоки.
- MPU – блок керування.

- LPU – 20-port 1000Base-SFP Flexible Card
- SFU – комутаційний мережевий блок. Перемикає дані для всієї системи.

3.2.3 Huawei CX600-X8



Рисунок 3.8 Схема CX600-X8

Нижче приведена таблиця (табл. 3.6) опису системи CX600-X3.

Таблиця 3.6 Конфігурація системи CX600-X8[20]

Позиція	Значення
Пристрій формування сигналу	Головна частота: 1,5 ГГц
SDRAM	2 ГБ (можливо розширити до 4 ГБ)
Flash	32 МБ
CF card	1 ГБ (2x CF card)
Інтерфейс потужності	640 Гбіт/с
Кількість слотів SFU	1 (та два резервних)
Кількість слотів LPU	8
Кількість слотів MPU	2
Fan Module	2
Максимальна швидкість порта	40 Гбіт/с

- PSU – блок живлення. Пристрій має чотири таких блоки.
- MPU – блок керування.
- LPU – 40-port 100/1000Base-SFP Flexible Card
- SFU – комутаційний мережевий блок. Перемикає дані для всієї системи. На CX600-X8, один основний SFU і два SFU модулі резервні. Коли основний SFU стає несправним, трафік розділяється двома іншими SFU. На SFU є канал управління для забезпечення захисту від перенапруги, перевантаження та перегріву[20].

Як видно з описаних вище характеристик обладнання, основною відмінністю є комутаційна здатність (40 Гбіт/с у Huawei CX600-X3 і 80 Гбіт/с у Huawei CX600-X8), а також відмінність в кількості слотів для SFU, LPU і MPU. Виходячи з даних характеристик, обиралося те чи інше обладнання на вузлах.

3.3 Розрахунок ємності кілець

У містах: Одеса, Чорноморськ і Кароліно-Бугаз встановлено обладнання Huawei CX600-X8 з восьма платами LPU. Ці міста утворюють основне кільце з виходом на магістральні лінії в Київ.

Міста: Приморське, Катранка, Лебедівка, Сергіївка, Затока, Білгород-Дністровський та Кароліно-Бугаз – утворюють основне кільце. Воно вміщує найбільшу кількість міст із-за їх невеликих ємностей та близького топологічного розташування. Тут також встановлене обладнання CX600-X8, бо ці міста мають великий туристичний потенціал і дуже вірогідно, що найближчим часом кількість туристів буде швидко зростати.

Накінець, міста: Ізмаїл, Кілія, Вилкове, Приморське – утворюють третє кільце. Тут встановлене обладнання CX600-X3, окрім спільного міста з центральним кільцем, з трьома LPU платами. Обладнання CX600-X8, яке було встановлене в Приморському, потрібно, щоб об'єднати центральне та третє кільця.

Виходячи з таблиці 2.3 розрахуємо ємності кожного кільця.

Основне: Одеса + Чорноморськ + Кароліно-Бугаз = $59,9 \text{ Гбіт/с} + 6,87 \text{ Гбіт/с} + 8,94 \text{ Гбіт/с} + 0,53 \text{ Гбіт/с} = 75,71 \text{ Гбіт/с}$

Центральне: Приморське + Катранка + Лебедівка + Сергіївка + Затока + Білгород-Дністровський + Кароліно-Бугаз = $2,24 \text{ Гбіт/с} + 6,64 \text{ Гбіт/с} + 6,67 \text{ Гбіт/с} + 8,99 \text{ Гбіт/с} + 9,68 \text{ Гбіт/с} + 5,53 \text{ Гбіт/с} + 8,94 \text{ Гбіт/с} = 48,69 \text{ Гбіт/с}$

Третє: Ізмаїл + Кілія + Вилкове + Приморське = $4,91 \text{ Гбіт/с} + 3,77 \text{ Гбіт/с} + 3,67 \text{ Гбіт/с} + 2,24 \text{ Гбіт/с} = 14,59 \text{ Гбіт/с}$

За номерами вузли розподіляються як зазначено у таблиці (табл.3.7).

Таблиця 3.7 Номера вузлів

Вузол	№ вузла
Ізмаїл	1
Кілія	2
Вилкове	3
Приморське	4
Катранка	5
Лебедівка	6
Сергіївка	7
Затока	8
Білгород- Дністровський	9
Кароліно-Бугаз	10
Чорноморськ	11
Одеса	12

3.4 Висновки з розділу 3

При порівняльному аналізі найкращих виробників телекомунікаційного обладнання було з'ясовано, що найбільш відповідним технічним і економічним показникам є обладнання компанії Huawei. Для проектування мережі було обрано дві моделі маршрутизаторів: CX-600-X3 та CX-600-X8. Для обладнання обрана відповідна кількість необхідних плат.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

Відповідно до обраної топології мережі та схеми розташування вузлів, побудуємо граф мережі. На рис.4.1 показано граф проекрованої мережі.

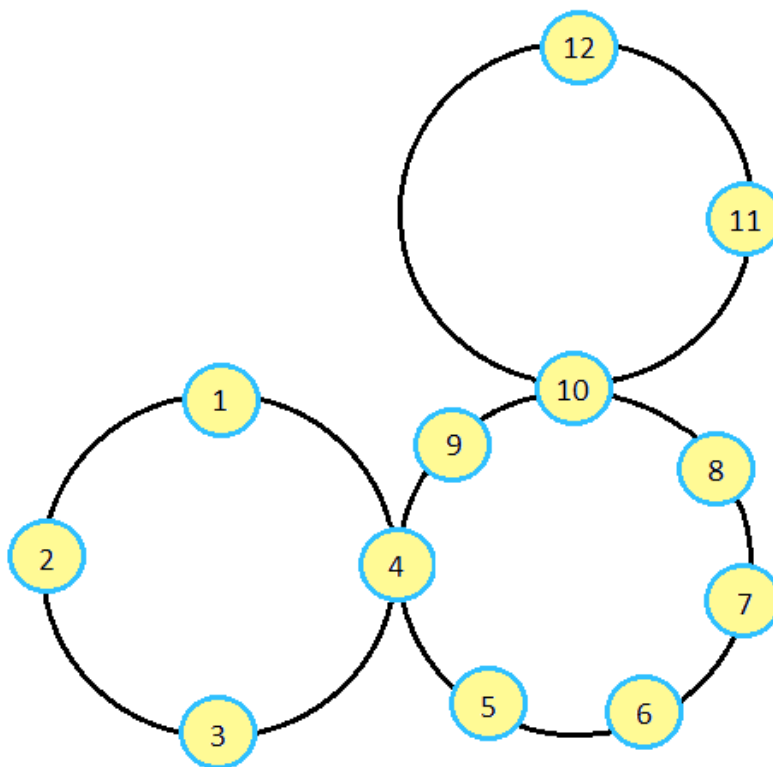


Рисунок 4.1 Граф проекрованої мережі

Проектована мережа буде складатися з трьох кілець, причому, із-за територіального розміщення міст топологія буде складатися з основного кільця, центрального кільця, яке буде вміщувати в себе найбільшу кількість міст та третього кільця. Також звернемо увагу, що кабель буде прокладений вздовж магістралей.

Представимо граф у вигляді матриці суміжності (мал.4.2).

Вузол	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Рисунок 4.2 Матриця суміжності

На графі можливо виділити три області, кожна з яких буде розглянуто окремо:

Основне кільце утворюють вузли 12, 11, 10.

Центральне кільце утворюють вузли 10, 9, 4, 5, 6, 7, 8.

Третє кільце утворюють вузли 4, 1, 2, 3.

4.1 Основне кільце

Основне кільце складається з вузлів 12, 11, 10 (див. рис. 4.3).

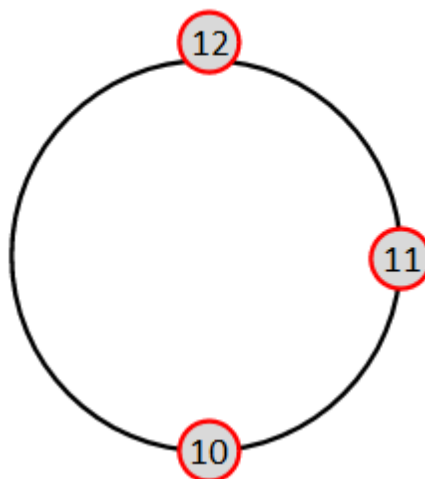


Рисунок 4.3 Основне кільце

Виходячи з таблиці 3.7 вузли розташовані в таких містах:

- 12 – Одеса
- 11 – Чорноморськ
- 10 – Кароліно-Бугаз

Проходження оптичних ліній зв'язку зображено на рис.4.4.

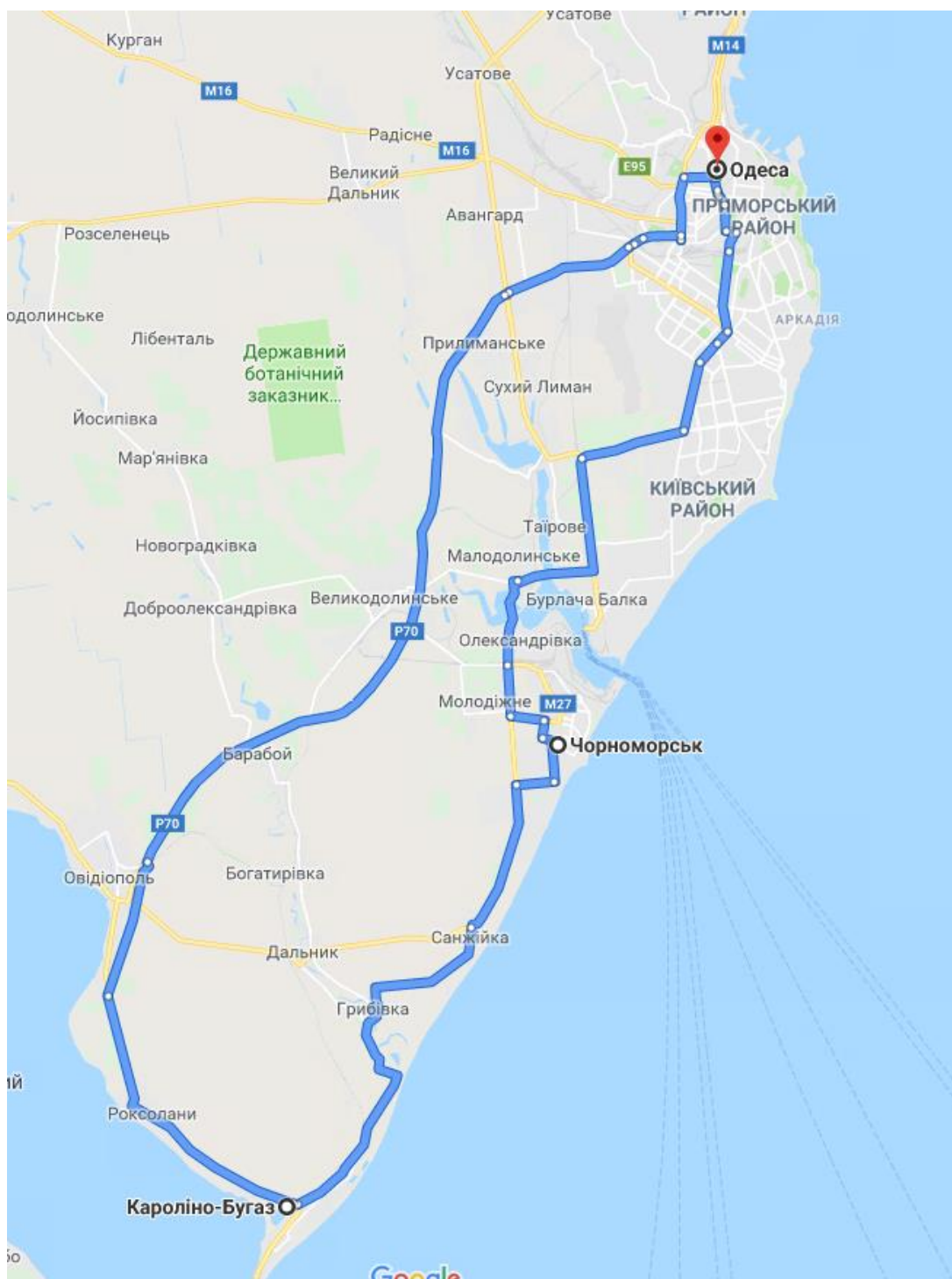


Рисунок 4.4 Оптична лінія зв'язку основного кільця

4.2 Центральне кільце

Центральне кільце складається з вузлів 10, 9, 4, 5, 6, 7, 8 (рис. 4.5).

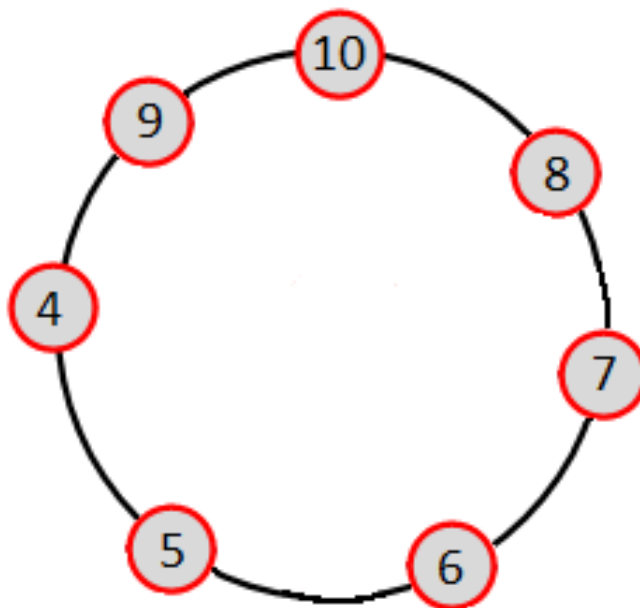


Рисунок 4.5 Центральне кільце

Виходячи з таблиці 3.7 вузли розташовані в таких містах:

- 10 – Кароліно-Бугаз
- 9 – Білгород-Дністровський
- 4 – Приморське
- 5 – Катранка
- 6 – Лебедівка
- 7 – Сергіївка
- 8 – Затока

Прокладені оптичні лінії зв'язку зображено на рис.4.6.

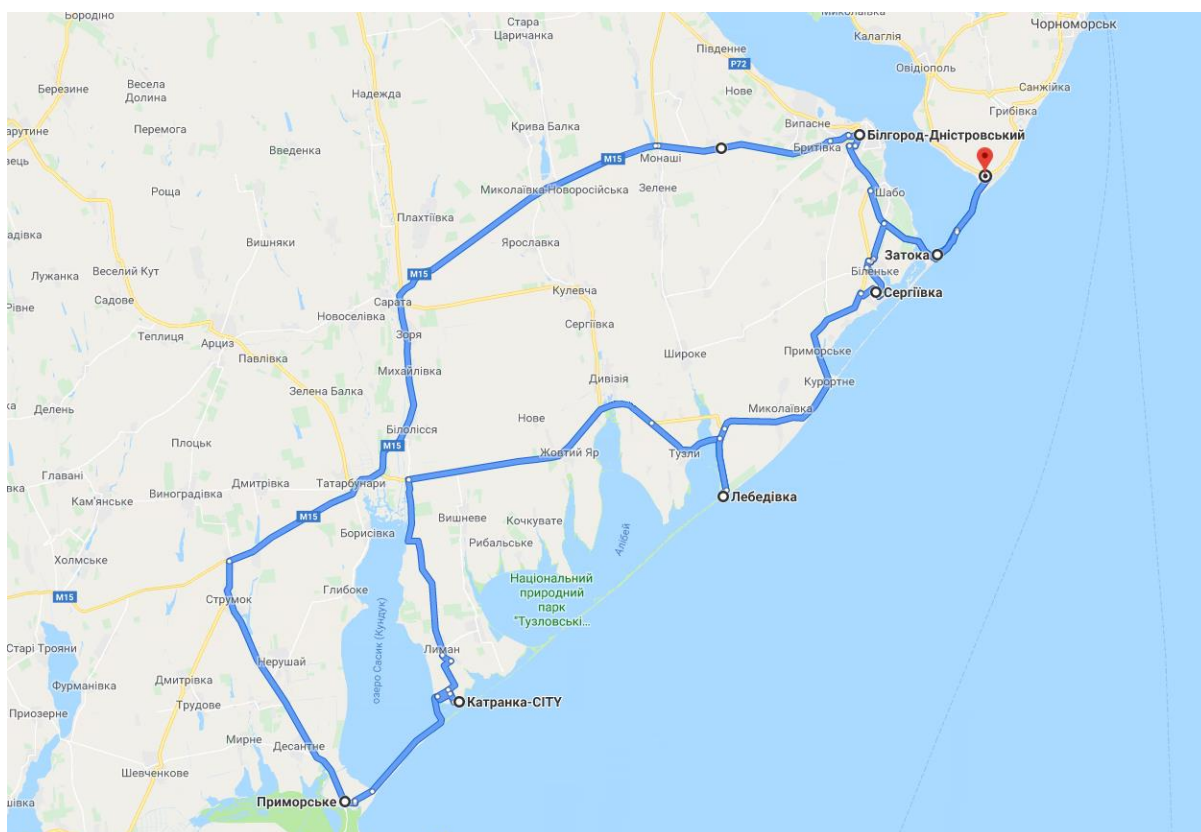


Рисунок 4.6 Оптична лінія зв'язку центрального кільця

4.3 Третє кільце

Третє кільце складається з вузлів 1, 2, 3, 4 (рис. 4.7).

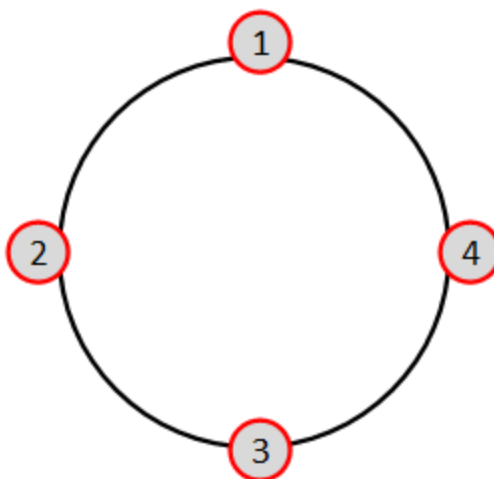


Рисунок 4.7 Друге кільце другого рівня

Виходячи з таблиці 3.7 вузли розташовані в таких містах:

- 1 – Ізмаїл
- 2 – Кілія
- 3 – Вилкове
- 4 – Приморське

Прокладені оптичні лінії зв'язку зображено нижче.

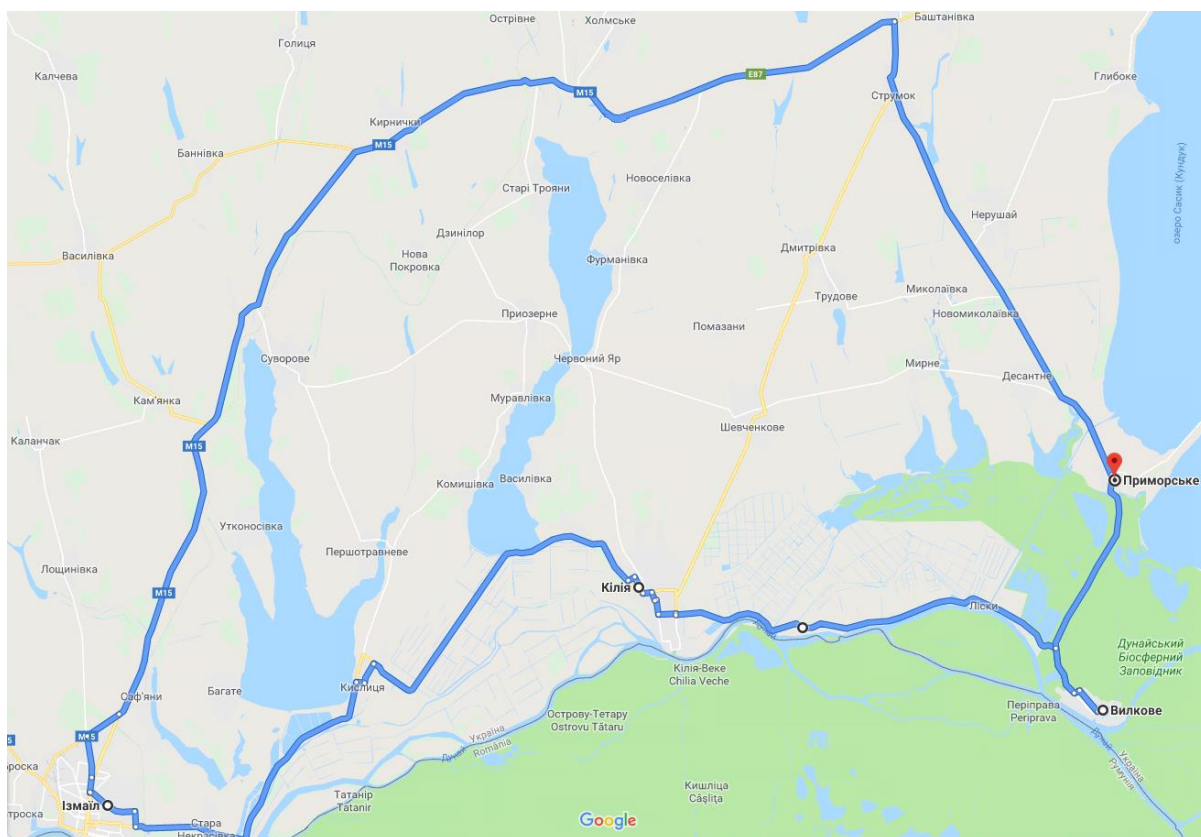


Рисунок 4.8 Оптична лінія зв'язку третього кільця

4.4 Висновки з розділу 4

Відповідно до обраної топології мережі та схеми розташування вузлів була спроектована мережа, яка складається з трьох кілець: центрального (з виходом на магістральні лінії в місто Київ), центрального та третього (другорядного). Також було зображено на карті проходження оптичних ліній зв'язку кожного кільця. Кабель прокладений вздовж автомагістралей.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі були розкриті основні етапи проектування транспортної мережі, відповідно до яких зроблені наступні висновки:

1. На сьогоднішній день найбільш затребуваними та актуальними сервісами є: доступ до мережі Internet (WiFi), VoIP, IPTV та оренда каналу зв'язку (Data). В цей час темпи росту кількості користувачів широкосмугового доступу збільшується експоненціально, цьому, також, сприяє збільшення кількості туристів, особливо у туристичний сезон;

2. Транспортна мережа введена на території Одеської області, у зв'язку з тим, що даний регіон в Україні є найпопулярнішим серед туристів, яких з кожним роком стає все більше, та одним з найпривабливіших для міжнародних інвестицій. Це спричинило збільшення попиту на телекомунікаційні послуги;

3. Для реалізації надання послуг мультисервісної мережі було обрано транспортну технологію MPLS, яка задовольняє усім вищезгаданим вимогам;

4. Кількість трафіку кожного з сервісів середнього інтернет-провайдера на одного користувача склав 0,35 Мбіт/с»;

5. Структура проекрованої мережі має кільцеву топологію та складається з одного основного, одного центрального і одного другорядного кільця. Такого вигляду мережа набула із-за певного розташування міст на узбережжі;

6. Був проведений порівняльний аналіз найкращих виробників на ринку телекомунікаційного обладнання. До уваги приймалися технічні і економічні показники обраного обладнання компанії Huawei, моделі маршрутизаторів наступні: CX600-X3 та CX600-X8. Була обрана необхідна кількість плат;

7. Були прокладені основний та резервний маршрути проходження оптичних ліній зв'язку у відповідності до особливостей топології мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Редакторський портал: Дослідження Deloitte Global у сфері розвитку галузей високих технологій, медіа та телекомунікацій – 2019: <http://redactor.in.ua/2019/04/15/дослідження-deloitte-global-y-sferi-rozvitku-galuz/>
2. Deloitte insights: Technology, Media and Telecommunications Predictions 2019: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/TMT-Predictions_2019/DI_TMT-predictions_2019.pdf
3. Український інститут науково-технічної експертизи та інформації: Стан інноваційної діяльності та діяльності у сфері трансферу технологій в Україні у 2018 році: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/innovatsii-transfer-tehnologi/monitoring-prioritet/stan-id-2017-f.pdf>
4. Таненбаум Э. С., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е издание: Питер. – Санкт-Петербург, 2012. – 960 с.
5. Дослідження We Are Social та Hootsuite, 2018: <https://digitalreport.wearesocial.com/download>
6. Інтернет Асоціація України (ІНАУ), “Дослідження інтернет-проникнення в Україні І квартал 2019 року”, 2019: https://inau.ua/sites/default/files/file/1903/dani_ustanovchyh_doslidzhen_za_1-y_kvartal_2019_0.pdf
7. Директорка Депаратменту Культури та Туризму Тетяна Маркова, Одеська Обласна Державна Адміністрація, 2018: <https://odesa.depo.ua/ukr/odesa/v-odesi-pohizuvalisya-zrostannyam-kilkosti-turistiv-20180305737307>

8. УНІАН: <https://www.unian.ua/tourism/news/10084637-odeshchina-cogo-roku-ochikuye-ponad-6-milyoniv-turistiv.html>
9. Олена Голубєва, “Три роки без Криму: Як відпочивають біля моря в Одеській області”, 2017: <https://ua.112.ua/statji/try-roky-bez-krymu-yak-vidpochyvaiut-bilia-moria-v-odeskii-oblasti-404971.html>
10. Директор Департаменту Економічної Політики та Стратегічного Планування, Дмитро Радулов, Одеська Обласна Державна Адміністрація, 2018: <https://oda.odessa.gov.ua/news/odeska-oblast-zberigae-pozicii-v-top-5-regioniv-za-obsagom-pramih-inozemnih-investicij>
11. В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — Питер, 2013. — С. 55. — 944 с.
12. Одесская национальная академия пищевых технологий, Одеська Топологія типу «дерево»: <https://studfiles.net/preview/5152835/page:6/>
13. Лекция 1: Определение локальных сетей и их топология - Основы локальных сетей, НИЯУ «МИФИ»
14. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б. С Технология и протоколы MPLS. — СПб.: БХВ. — Санкт-Петербург, 2005.
15. Захватов М. Построение виртуальных частных сетей (VPN) на базе технологий MPLS. — М.: Cisco Systems, 2004.
16. Вивек О. Структура и реализация современной технологии MPLS. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004 — 480с.
17. Alcatel University. Transmission Network Planning, 2003. — 79p.
18. New system telecom — Alcatel-Lucent 7450 ESS. Управление сетями: http://www.nstel.ru/products/lucent/transfer/7450_ess/
19. HUAWEI, Metro Services Platform, 2012.
20. HUAWEI, CX600-8/16/X3/X8/X16 Metro Service Platform, Hardware Description, 2013.